

# 皇甫川流域植被恢复对改善土壤肥力的作用研究

黄和平<sup>1,2</sup>, 杨 劼<sup>2\*</sup>, 毕 军<sup>1</sup>, 宋炳煜<sup>2</sup>

(1. 南京大学 环境学院, 江苏 南京 210093; 2. 内蒙古草地生态学重点实验室, 内蒙古 呼和浩特 010021)

**摘 要:** 在野外调查基础上, 对皇甫川流域五分地沟试验区油松林、锦鸡儿灌丛、本氏针茅草原、百里香草原和撂荒地的土壤有机质和养分进行测定及分析, 结果表明: (1) 植被恢复能显著提高土壤中有机质含量水平, 增加速效养分的数量, 改善土壤肥力状况; (2) 土壤肥力的提高效益大多随深度增加而明显减小, 其中油松林的土壤有机质的表聚性最为明显; (3) 人工植被相对于天然植被对总氮的固定作用更为明显, 而对总磷的固定作用劣于天然植被。最后, 对植被恢复提高土壤肥力的机理和不同植被对土壤肥力的恢复效应进行了探讨。

**关键词:** 皇甫川流域; 植被恢复; 土壤肥力

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)03-0037-04

中图分类号: S154.4

## Effects of Vegetative Restoration on Improving Soil Fertility in Huangfuchuan Basin

HUANG He-ping<sup>1, 2</sup>, YANG Jie<sup>2\*</sup>, BI Jun<sup>1</sup>, SONG Bing-yu<sup>2</sup>

(1. College of Environmental Science, Nanjing University, Nanjing 210093, Jiangsu Province, China;

2. Key Lab. of Inner Mongolia Grassland Ecology, Huhhot 010021, the Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** The soil organic matter and nutrient contents of *Pinus tabulaeformis* woods, *Caragana intermedia* shrubs, *Stipa bungeana* steppe, *Thymus serpyllum* steppe and non-cultivated land of Wufendingou experimental area in Huangfuchuan basin are measured and analyzed. The results showed that: (1) Vegetative restoration could increase the contents of the soil organic matter and rapidly available nutrient remarkably, and improve the soil fertility; (2) With the increase of the soil depth, the benefit that vegetative restoration heightened the degree of soil fertility was decreased obviously, and the feature of soil organic matter gathering on the surface was most significant in *Pinus tabulaeformis* woods; (3) The fixation effect of total N in artificial vegetation was more obvious than that in natural vegetation, but it was converse on the fixation effect of total P. The mechanism of vegetative restoration heightening soil fertility and the restoration effect of soil fertility in different vegetation were discussed.

**Keywords:** Huangfuchuan basin; vegetation restoration; soil fertility

皇甫川是黄河中游的一级支流, 其水土流失极为严重, 年均向黄河输送约  $5.0 \times 10^7$  t 泥沙。从 1980 年开始, 在皇甫川进行的国家“六五”、“七五”、“八五”、“九五”重点科技攻关项目, 不仅为该流域的水土流失治理提出了宏观决策的科学依据, 而且还建立了治理与观测研究相结合的试验站, 并收到了显著成果。目前对该流域的研究主要集中在水土流失规律、水土流失综合治理的工程措施及土壤侵蚀系统模型和治理模式、土地利用结构与生态过程、流域植被分析及水分生理生态等方面, 并且取得了多项重大成果<sup>[1-4]</sup>。同时, 植被的恢复与重建也促进了土壤的形成发育, 使土壤的性质得到改善, 土壤质量及肥力

明显提高<sup>[5]</sup>。然而, 过去的研究工作主要集中在不同植被条件下土壤的理化性质和肥力特征的定性分析方面, 对于植被恢复过程对土壤形成发育、土壤质量和肥力方面的系统研究较少。本文试图从发生学的角度, 分析退化生态系统植被恢复对土壤肥力的影响和作用, 评价不同恢复措施的效应和功能, 为该流域的土壤健康恢复和生态环境建设提供依据。

### 1 研究地点的选择及其自然概况

选择黄河一级支流皇甫川的支流十里长川中段东岸一级支流——五分地沟作试验区为实验研究点。这是一条完整的小流域, 称为五分地沟小流域, 面积

收稿日期: 2005-04-01

资助项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018604); 国家自然科学基金(30060018); 内蒙古自治区教育厅重点科研项目(ZD9903)

作者简介: 黄和平(1968—), 男(汉族), 江西吉水人, 博士研究生。主要从事草地生态学、城市生态学和环境规划与管理等方面的研究。电话(025) 86024709, E-mail: hphuang2004@163.com。

约 7.70 km<sup>2</sup>。该区是国家黄土高原 11 个造林示范区之一,东经 111°07',北纬 39°45',平均海拔 1 130 m。气候属典型温带半干旱气候,年均温 6.2℃,年均降水量 369 mm,6—9 月降水量占 80%,年均蒸发量 2 040 mm。主体地貌为沟壑纵横、支离破碎的丘陵沟壑地貌。土壤主要由 3 大类型组成,以砒砂岩为母质的栗钙土、风沙土及以黄土为母质的黄绵土和黄土。原生植被为典型草原,如本氏针茅(*Stipa bungeana*)草原等。由于气候变化、人为破坏,已为人工植被和天然次生草原所代替。1978 年以来,开始造林种草实验,目前各类林地和草地面积的覆盖率占实验区总面积的 66%。主要植被覆盖类型有人工油松(*Pinus tabulaeformis*)林、人工杨树(*Populus simonii*)林及沙柳(*Salix psammophylla*)、沙棘(*Hippophaer-*

*hamnoides*)、中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)等人工灌木林和本氏针茅、百里香(*Thymus serpyllum*)草原等天然植被。

## 2 研究方法

### 2.1 样品采集

本研究选择几个主要群落类型(乔、灌、草)为采样区,土壤类型为以砒砂岩为母质发育而成的栗钙土,以撂荒地(3 a 以内)为对照,在各群落类型中选择有代表性的地段挖掘土壤剖面,分别采集 0—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm 深度的土壤分析样品。同时,选择地形相同、土壤类型相同的撂荒地,按同样深度与方法分层采集土壤分析样品。各群落类型主要特征见表 1。

表 1 各群落类型主要特征

群落类型	主要特征
油松林	分布于卯坡上部,坡度 13°左右,平均年龄 25 a,郁闭度 0.5~0.6,平均高度 3 m 左右,土层厚度 0.2 m,伴生种以本氏针茅,人为破坏较少。
锦鸡儿灌丛	分布于卯坡中部以上,坡度 12°左右,盖度 20%~30%,丛高 1 m 左右,土层厚度 1—1.4 m,伴生种以百里香,人为破坏强烈。
本氏针茅草原	主要分布于沟沿残丘,坡度 7°左右,盖度 20%~30%,层高 0.2 m 左右,土层厚度 0.4—1.4 m,伴生种以短花针茅、糙隐子草为主,人为破坏强烈。
百里香草原	分布于卯坡中下部,坡度 12°左右,盖度 20%~25%,层高 0.1 m 左右,土层厚度 0.4—0.8 m,伴生种以短花针茅、牛枝子为主,人为破坏较强。
撂荒地	分布于卯坡中下部,坡度 10°以下,盖度 10%左右,丛高 0.2 m 左右,土层厚度 0.4—0.8 m,优势种以黄蒿为主,伴生种以草木犀状黄芪、阿尔泰狗娃花为主,人为破坏强烈。

### 2.2 测定方法

测定项目选择表征土壤肥力的土壤有机质和矿物质养分如 N, P 等,分析测定方法参考文献<sup>[6]</sup>进行:重铬酸钾容量法(NY/T 85—1988)测定土壤有机质;凯氏定氮法(NY/T 53—1987)测定全氮;扩散法(LY/T 1229)测定碱解氮;氢氧化钠熔融,钼锑抗比色法(NY/T 88—1988)测定全磷;NaHCO<sub>3</sub>浸提,钼锑抗比色法(NY/T 149—1990)测定有效磷。以撂荒地土样作为对照,计算和统计各种参数<sup>[7]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤有机质状况

土壤有机质是评价土壤质量的一个重要指标,它不仅能增强土壤的保肥和供肥能力,提高土壤养分的有效性,而且可促进团粒结构的形成,改善土壤的透水性、蓄水能力及通气性,增强土壤的缓冲性等<sup>[5]</sup>。研究区不同植被恢复措施条件下,土壤有机质垂直分布如图 1 所示。

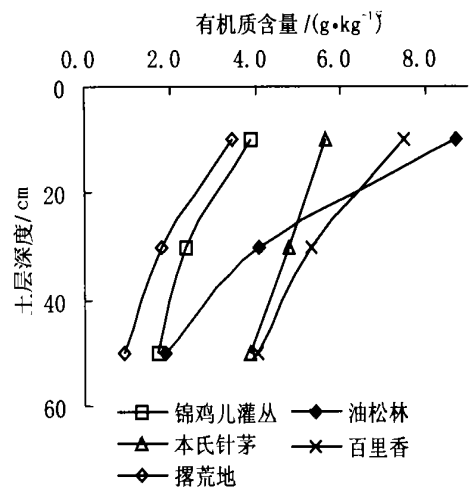


图 1 各群落土壤有机质含量垂直分布图

从图 1 可以看出,研究区土壤经过植被恢复,各层次有机质含量均有一定程度的增加:(1)在表层,油松林土壤有机质含量最高,达 8.70 g/kg,是撂荒地(3.46 g/kg)的 2.5 倍,其顺序为:油松林>百里香

(7.45 g/kg) > 本氏针茅(5.62 g/kg) > 锦鸡儿灌丛(3.88 g/kg) > 撂荒地; (2) 各层土壤有机质含量均随深度而递减, 其趋势基本一致; (3) 由于油松林土层较薄, 土壤有机质含量随深度递减最为剧烈, 表现出明显的表聚性; (4) 锦鸡儿灌丛各层土壤有机质含量略高于撂荒地。

### 3.2 土壤全量养分状况

研究区不同植被恢复措施条件下, 土壤全 N、全 P 含量垂直分布如图 2 所示。

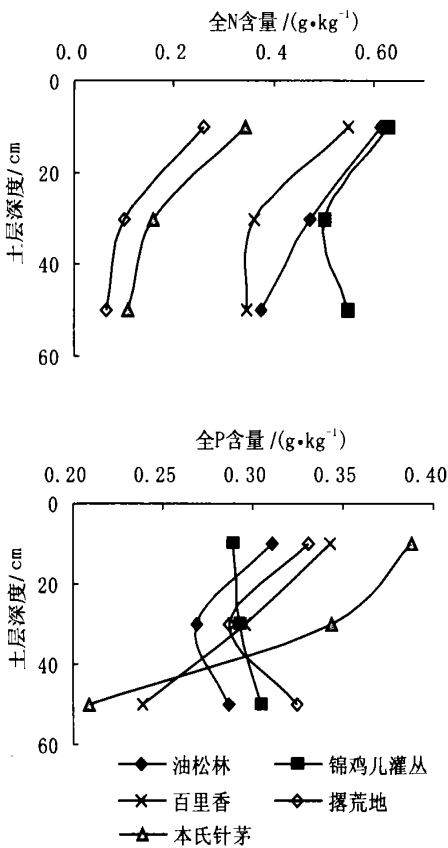


图 2 各群落土壤全 N 和全 P 含量垂直分布图

从图 2(1) 可以看出: (1) 在不同的植被恢复措施下, 土壤各层全 N 含量均高于撂荒地, 它们的高低顺序均为: 锦鸡儿灌丛 > 油松林 > 百里香 > 本氏针茅 > 撂荒地, 锦鸡儿灌丛表现出较好的固氮作用; (2) 各层次土壤全 N 含量随深度递减的趋势基本一致, 只有锦鸡儿灌丛 40—60 cm 土层的全 N 含量(0.549 g/kg) 稍高于 20—40 cm 土层(0.502 g/kg), 这可能是由于锦鸡儿灌丛根系分布较深, 固氮作用较强的缘故; (3) 本氏针茅各层次土壤全 N 含量相对于撂荒地优势均不明显。

从图 2(2) 可以看出, 不同的植被恢复措施土壤各层全 P 含量的分布较为复杂, 没什么明显的规律性, 也未表现出对撂荒地的优势, 这说明在植被恢复

过程中, 由于强烈的人为干扰, 土壤条件频繁发生变化, 如干湿交替频繁, 更有利于固磷作用, 使磷的有效度降低<sup>[8]</sup>。

### 3.3 土壤速效养分状况

土壤速效氮(碱解氮)和速效磷(有效磷)含量反映了土壤的供氮和供磷水平, 是表征土壤肥力的主要指标<sup>[5]</sup>。研究区不同植被恢复措施条件下, 土壤速效 N、速效 P 含量垂直分布如图 3 所示。

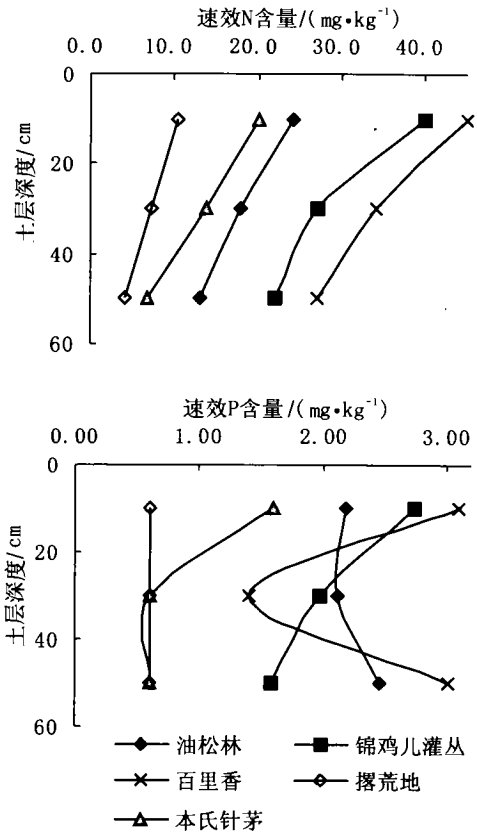


图 3 各群落土壤速效 N 和速效 P 含量垂直分布图

从图 3(1) 可以看出, 不同的植被恢复措施土壤各层速效 N 含量均高于撂荒地, 它们的高低顺序为: 百里香 > 锦鸡儿灌丛 > 油松林 > 本氏针茅 > 撂荒地, 特别是百里香和锦鸡儿灌丛各层速效 N 含量均是撂荒地的 4 倍以上, 油松林和本氏针茅也是撂荒地的 2 倍以上, 表现出植被恢复对土壤的明显改良作用; 另外各层次土壤速效 N 含量随深度递减的趋势也基本一致。

从图 3(2) 可以看出, 不同的植被恢复措施土壤各层速效 P 含量的分布稍微复杂一些, 其顺序无明显规律性或一致性, 但大多明显高于撂荒地, 只有本氏针茅群落特殊一些, 除了其表层速效 P 含量明显高于撂荒地外, 下面两层与撂荒地持平。

## 4 讨论

### 4.1 植被恢复与土壤肥力

在植被的重建与恢复过程中, 每年都有大量枯枝落叶进入土壤, 经微生物腐解后形成较多腐殖质, 使土壤有机质增加, 并将大气中的氮素固定, 导入土壤, 使土壤质量不断提高<sup>[5]</sup>。其中, 油松林由于恢复时间较长, 人为破坏较轻, 对表层土壤肥力的提高效果最为明显。油松耐寒、耐旱、耐瘠薄, 生长较慢, 为维持正常生长, 需要大量吸收土壤中的速效养分, 但成年油松林培肥效应极显著已得到证实<sup>[9]</sup>。植树造林、恢复植被生长虽然不能增加土壤磷库中磷的绝对含量, 但林木、杂草生长、根际微生物活动及有机残体腐解等会形成大量的有机酸、酚类物质和无机酸, 这些物质能加速难溶性磷转化为速效磷, 使土壤中的速效磷含量有所增加。特别是由于研究区土壤富含磷酸钙, 造林后林木、草屑凋落物分解时形成有机酸、酚类物质, 根系和微生物也分泌有机酸, 同时释放出一定量的  $\text{CO}_2$ , 促进  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaHPO}_4 + \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  平衡右移, 进而使难溶性磷酸钙转化为溶解性较高的磷酸氢钙和磷酸二氢钙, 所以土壤中速效磷含量会有所增加<sup>[5]</sup>。

### 4.2 不同植被恢复效应差异

本研究区经过 20 a 余的植被恢复与重建, 土壤肥力有所改善和提高, 产生了明显的生态和社会效益。但是不同恢复措施对土壤肥力质量提高差异明显, 油松林对土壤表层有机质含量的提高效果最好, 锦鸡儿灌丛的效果稍差。这是由于处于中龄期的油松林生长较为旺盛, 生物量较大, 每年都有大量枯枝落叶归还给土壤, 经过腐殖化作用形成土壤有机质, 矿化分解释放出速效养分; 而锦鸡儿灌丛, 由于受到当地农牧业生产活动的影响, 每年返还给土壤的枯枝

落叶较少, 所以土壤中有有机质含量较低, 但由于其固氮作用较强, 其土壤中灰分物质总是能维持较高水平。这一点与张俊华等(2003)的研究结果有所不同<sup>[5]</sup>。因此在本研究区草原改良过程中, 应尽量减轻灌丛林的人为破坏, 合理利用草场资源, 维持并促进土壤肥力的全面提高。此外, 本研究区地带性植被本氏针茅草原的土壤肥力普遍较低, 这主要是由于当地残留的本氏针茅草原大多分布于沟沿残丘, 强烈的水土流失必然伴随着土壤中有有机质和灰分物质的流失, 因而使得其含量有所降低。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 金争平, 史培军, 侯福昌, 等. 黄河皇甫川流域土壤侵蚀系统模型和治理模式[M]. 北京: 海洋出版社, 1992. 1—114.
- [2] 杨劼, 高清竹, 李国强, 等. 内蒙古皇甫川流域植被空间动态变化分析[J]. 水土保持学报, 2001, 15(3): 41—43.
- [3] 杨劼, 高清竹, 李国强, 等. 皇甫川流域主要人工灌木水分生态的研究[J]. 自然资源学报, 2002, 16(1): 87—94.
- [4] 黄和平, 杨劼. 皇甫川流域治理区与原生植被区植物多样性比较研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 125—128.
- [5] 张俊华, 常庆瑞, 贾科利, 等. 黄土高原植被恢复对土壤肥力质量的影响研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 38—41.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所编, 土壤理化分析[M]. 上海: 科学技术出版社, 1978.
- [7] 胡斌, 段昌群, 王震洪, 等. 植被恢复措施对退化生态系统土壤酶活性及肥力的影响[J]. 土壤学报, 2002, 39(4): 604—608.
- [8] 朱祖祥, 土壤学(上册)[M]. 北京: 农业出版社, 1983. 202—213.
- [9] 李瑞雪, 等. 不同林龄油松、刺槐人工林土壤化学性质研究[A]. 黄土高原渭北生态经济型防护林体系建设模式研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994. 165—169.

(上接第 36 页)

随着水保治理的进一步深入, 对无资料地区输沙量计算偏差越来越大, 难以准确指导工程实践。在今后水利工程设计和运用中, 应充分利用现有实测和参证资料对其进行修正, 不能照抄沿用。

(2) 工程实践中应充分考虑几十年来水保治理的拦沙效益, 利用相邻或相近工程实测资料进行参证, 合理确定工程建设规模。岳屯沟水库水文手册计算 20 a 输沙量是  $1.07 \times 10^6 \text{ m}^3$ , 考虑水保效益的设计确认值  $1.96 \times 10^5 \text{ m}^3$ , 减少死库容  $8.71 \times 10^5 \text{ m}^3$ 。按  $1 \text{ m}^3$  库容 6 元计, 可节约工程费用  $5.23 \times 10^6$  元。

(3) 目前的研究在水土保持减水拦沙效益的定性、定量分析方面开展的工作较多, 而对于水利工程

设计与运行管理中如何定量考虑水保措施的拦水拦沙效益则研究得较少, 满足不了工程实践的需要。今后应加强这方面的研究与资料积累。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 吴风声. 黄土高原水土流失因素分析及治理展望[J]. 重庆工学院学报, 2001, 5(2): 115—118.
- [2] 陕西省延安地区水利水土保持局[M]. 延安地区实用水文手册. 1987. 267—275.
- [3] 冉大川, 柳林旺, 赵力仪, 等. 黄河中游河口镇至龙门区间水土保持与水沙变化[M]. 黄河水利出版社, 2000. 1—2.
- [4] 戴明英, 闫蕾. 延河水沙变化的分析研究[M]. 黄河水沙变化研究. 黄河水利出版社, 第一卷(下册), 2002. 623—643.